

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-322099  
(43)Date of publication of application : 20.11.2001

(51)Int.CI.

B81B 3/00  
F04B 9/00  
F04B 53/16  
F04B 43/04

(21)Application number : 2000-143124

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 16.05.2000

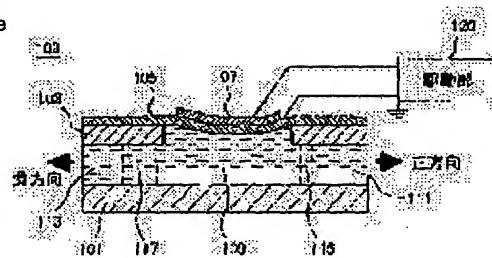
(72)Inventor : TONO NAN

## (54) MICRO-PUMP

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To convey a trace quantity of liquid in both normal and reverse directions with simple constitution.

SOLUTION: This micro-pump 100 is provided with a first passage 115 wherein passage resistance changes according to differential pressure; a second passage 117 wherein the change rate of passage resistance to the change of differential pressure is smaller than that of the first passage 115; a pressure chamber 109 connected to the first passage 115 and second passage 117; and a piezoelectric element 107 for changing the internal pressure of the pressure chamber 109. The ratio of passage resistance of the first passage 115 to the passage resistance of the second passage 117 can be made different by changing the internal pressure of the pressure chamber 109 by the piezoelectric element 107.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-322099

(P2001-322099A)

(43)公開日 平成13年11月20日(2001.11.20)

(51)Int.C1.<sup>7</sup>

識別記号

B 8 1 B 3/00

F I

テマコード(参考)

F 0 4 B 9/00

B 8 1 B 3/00

3H071

53/16

F 0 4 B 9/00

B 3H075

43/04

43/04

21/00

H

審査請求 未請求 請求項の数 6

O L

(全10頁)

(21)出願番号 特願2000-143124(P2000-143124)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(22)出願日 平成12年5月16日(2000.5.16)

(72)発明者 東野 楠

大阪市中央区安土町二丁目3番13号大阪国

際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100064746

弁理士 深見 久郎 (外2名)

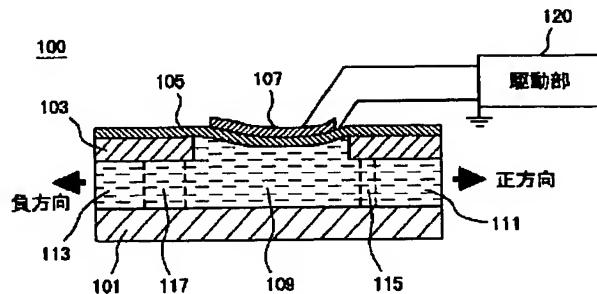
最終頁に続く

(54)【発明の名称】マイクロポンプ

(57)【要約】

【課題】 簡単な構成で微少量の液体を正逆両方向に高精度に搬送すること。

【解決手段】 マイクロポンプ100は、流路抵抗が差圧に応じて変化する第1流路115と、差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合が第1流路115よりも小さい第2流路117と、第1流路115および第2流路117に接続された加圧室109と、加圧室109の内部の圧力を変化させるための圧電素子107とを備える。加圧室109の内部の圧力を圧電素子107で変化させることにより、第1流路115の流路抵抗と第2流路117の流路抵抗との比を異ならせることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 流路抵抗が差圧に応じて変化する第1流路と、

差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合が前記第1流路よりも小さい第2流路と、

前記第1流路および前記第2流路に接続された加圧室と、

前記加圧室の内部の圧力を変化させるためのアクチュエータとを備えた、マイクロポンプ。

【請求項2】 前記第1流路と第2流路それぞれは、一様な断面形状を有し、前記第1流路の流路長の断面積に対する割合が、前記第2流路の流路長の断面積に対する割合よりも大きいことを特徴とする、請求項1に記載のマイクロポンプ。

【請求項3】 前記第1流路は、断面積が急激に変化する形状、中心線が直線でない形状、または、流路に障害物を有する形状のいずれかであることを特徴とする、請求項1に記載のマイクロポンプ。

【請求項4】 前記加圧室の体積を第1の体積と第2の体積との間で所定の間隔で繰返して変化させるために前記アクチュエータを駆動する駆動手段をさらに備え、前記繰返しは、前記加圧室の体積を増加させる時間と減少させる時間が相反することを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載のマイクロポンプ。

【請求項5】 前記駆動手段は、前記加圧室の体積を増加させる時間が相反する第1の繰返しと第2の繰返しで駆動可能であることを特徴とする、請求項4に記載のマイクロポンプ。

【請求項6】 前記加圧室の体積を第1の体積と第2の体積との間で所定の間隔で繰返して変化させるために前記アクチュエータを駆動する駆動手段をさらに備え、前記第1流路は、第1の方向の流路抵抗が前記第1の方向とは逆の第2の方向の流路抵抗よりも大きく、前記駆動手段は、体積を増加させる時間と減少させる時間が同じ第1の繰り返しと増加させる時間と減少させる時間が異なる第2の繰り返しで駆動可能であることを特徴とする、請求項1に記載のマイクロポンプ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はマイクロポンプに関し、特に、微少量の液体を高精度に送るためのマイクロポンプに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、微少量の液体を搬送するためのマイクロポンプの主な方式としては、逆止弁を用いる機械的な第1の方式と、逆止弁の代わりに液体の流れる方向により流路抵抗が異なるノズルを用いた第2の方式とに大別することができる。第1の方式として、特開平11-257233号公報には、ダイアフラムを稼動させることでポンプ内の液体を加圧し、この圧力をを利用して逆

止弁を開閉させて液体を搬送するマイクロポンプが記載されている。また、特開平10-299659号公報には、圧力室に連通するノズル部に可動バルブを設け、圧電素子を用いて可動バルブを開閉させて液体の流れの方向性を持たせるマイクロポンプが記載されている。

【0003】第2の方式として、特開平10-110681号公報には、加圧室に連通するノズル部に突起物を設け、流れの方向により流路抵抗が異なるマイクロポンプが記載されている。このマイクロポンプによれば、所望の流れの方向とは逆方向への流れを起こりにくくすることができ、所望の1方向に液体を搬送することができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、第1の方式におけるマイクロポンプは、逆止弁または可動バルブを設けるので、構造が複雑で、機械的に劣化しやすいという問題がある。また、特開平10-299659号公報に記載のマイクロポンプは、可動バルブを開閉させるための圧電素子と、圧力室の圧力を変化させるための圧電素子との少なくとも3つの圧電素子が必要である。さらに、これらの圧電素子を別個に駆動するための駆動回路が複雑になってしまうという問題がある。

【0005】第2の方式におけるマイクロポンプは、1方向にしか液体を搬送することができないという問題がある。

【0006】この発明は上述の問題点を解決するためになされたもので、この発明の目的の1つは、簡単な構成で微少量の液体を正逆両方向に高精度に搬送することができるマイクロポンプを提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するためにこの発明のある局面によれば、マイクロポンプは、流路抵抗が差圧に応じて変化する第1流路と、差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合が第1流路よりも小さい第2流路と、第1流路および第2流路に接続された加圧室と、加圧室の内部の圧力を変化させるためのアクチュエータとを備える。

【0008】この発明に従えば、第1流路は流路抵抗が差圧に応じて変化し、第2流路は差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合が第1流路よりも小さいので、差圧が大きいときと小さいときとで第1流路の流路抵抗と第2流路の流路抵抗との比が異なる。アクチュエータにより第1流路および第2流路に接続された加圧室の内部の圧力を変化させて、第1流路の流路抵抗と第2流路の流路抵抗との比を異ならせることができる。このため、簡単な構成で微少量の液体を正逆両方向に高精度に搬送することができるマイクロポンプを提供することができる。

【0009】好ましくは、マイクロポンプの第1流路と第2流路それぞれは、一様な断面形状を有し、第1流路

の流路長の断面積に対する割合が、第2流路の流路長の断面積に対する割合よりも大きいことを特徴とする。

【0010】この発明に従えば、第1流路と第2流路それは、一様な断面形状を有し、第1流路の流路長の断面積に対する割合が、第2流路の流路長の断面積に対する割合よりも大きいので、第1流路の差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合が第2流路よりも大きくなる。このため、差圧が大きいときと小さいときとで、第1流路の流路抵抗と第2流路の流路抵抗との比を異ならせることができる。

【0011】好ましくは、マイクロポンプの第1流路は、断面積が急激に変化する形状、中心線が直線でない形状、または、流路に障害物を有する形状のいずれかであることを特徴とする。

【0012】この発明に従えば、第1流路は、断面積が急激に変化する形状、中心線が直線でない形状、または、流路に障害物を有する形状のいずれかなので、第1流路の差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合を第2流路よりも大きくすることができる。

【0013】好ましくは、マイクロポンプは、加圧室の体積を第1の体積と第2の体積との間で所定の間隔で繰返して変化させるためにアクチュエータを駆動する駆動手段をさらに備え、繰返しは、加圧室の体積を増加させる時間と減少させる時間が相反することを特徴とする。

【0014】この発明に従えば、駆動手段により加圧室の体積を第1の体積と第2の体積との間で所定の間隔で繰返して変化させるためにアクチュエータが駆動される。その繰返しにおいて加圧室の体積を増加させる時間と減少させる時間が相反するので、体積を増加させるときと減少させるときとで差圧を異ならせることができる。その結果、アクチュエータの構成を簡単にすることができる。

【0015】好ましくはマイクロポンプの駆動手段は、加圧室の体積を増加させる時間が相反する第1の繰返しと第2の繰返しで駆動可能であることを特徴とする。

【0016】この発明に従えば、第1の繰返しと第2の繰返しとで、加圧室の体積を増加させる時間が相反するので、第1の繰返しと第2の繰返しで液体を搬送する方向を異ならせることができる。

【0017】好ましくはマイクロポンプは、加圧室の体積を第1の体積と第2の体積との間で所定の間隔で繰返して変化させるためにアクチュエータを駆動する駆動手段をさらに備え、第1流路は、第1の方向の流路抵抗が第1の方向とは逆の第2の方向の流路抵抗よりも大きく、駆動手段は、体積を増加させる時間と減少させる時間が同じ第1の繰り返しと増加させる時間と減少させる時間が異なる第2の繰り返しで駆動可能であることを特徴とする。

【0018】この発明に従えば、駆動手段により加圧室

の体積を第1の体積と第2の体積との間で所定の間隔で繰返して変化させるためにアクチュエータが駆動される。第1流路は、第1の方向の流路抵抗が第1の方向とは逆の第2の方向の流路抵抗よりも大きいので、体積を増加させる時間と減少させる時間が同じ第1の繰返しでは、第2の方向で液体が搬送され、体積を増加させる時間と減少させる時間が異なる第2の繰返しでは、第1の方向で液体が搬送される。このため、液体を正逆両方向により効率的に搬送することができる。

10 【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。なお、図中同一符号は同一または相当する部材を示し、説明は繰返さない。

【0020】図1は、本発明の実施の形態の1つにおけるマイクロポンプの部分的な断面図である。図2は、本発明の実施の形態の1つにおけるマイクロポンプの部分的な平面図である。図1および図2を参照して、マイクロポンプ100は、第1液室111、第1流路115、加圧室109、第2流路117、および第2液室113とが形成された基板101と、基板101上に積層された上側基板103と、上側基板103上に積層された振動板105と、振動板105の加圧室109と対向する側に積層された圧電素子107と、圧電素子107を駆動するための駆動部120とを含む。

【0021】基板101は、厚さ500 [ $\mu\text{m}$ ] の感光性ガラス基板であり、深さ100 [ $\mu\text{m}$ ] に達するまでエッチングを行なうことにより、第1液室111、第1流路115、加圧室109、第2流路117および第2液室113が形成される。本実施の形態においては、第1流路115はその幅を25 [ $\mu\text{m}$ ] 、長さを20 [ $\mu\text{m}$ ] としている。また、第2流路117は、その幅を25 [ $\mu\text{m}$ ] 、長さを150 [ $\mu\text{m}$ ] としている。したがって、第1流路115と第2流路117とは、幅および深さが同じで、長さが第1流路よりも第2流路の方が長くなっている。

【0022】なお、第1流路115および第2流路117は、基板101をエッチング溝加工することによりスリット形状に形成されるものに限られるわけではなく、板材に対してドリル、プレス、レーザ加工等により穴あけ加工をして形成するようにしてもよい。

【0023】上側基板103は、ガラス基板であり、基板101上に積層されることにより、第1液室111、第1流路115、第2液室113および第2流路117の上面が形成される。上側基板103の加圧室109の上面に当たる部分は、エッチングなどにより加工されて、貫通している。

【0024】振動板105は、厚さ50 [ $\mu\text{m}$ ] の薄板ガラスである。圧電素子107は、圧電性セラミックスであり、本実施の形態においては厚さ50 [ $\mu\text{m}$ ] のチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)セラミックスを用いた。

圧電素子107と振動板105とは接着剤等で貼り合わせられている。

【0025】駆動部120は、圧電素子107に駆動電圧を印加するために、所定の波形の電圧を発生させる。圧電素子107に駆動部120から駆動電圧が印加されることにより、振動板105と圧電素子107とがユニモルフモードの屈曲変形（反り変形）をする。これにより、加圧室109の容積が増減する。

【0026】本実施の形態におけるマイクロポンプ100では、圧電素子107に30[V]の電圧が印加されると、圧電素子107の変形は、変位量が80[nm]、発生圧力が0.4[MPa]である。

【0027】図3は、本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路および第2流路それぞれの差圧と流路抵抗との関係を示す図である。図3(A)は第1流路の場合を示し、図3(B)は第2流路の場合を示す。ここで、流路抵抗とは、液体が流路を流れるときの圧力損失の係数に相当し、単位時間に流れる流体体積を流量Q、液体が流路を流れることによる圧力損失を $\Delta P$ としたとき、流路抵抗 $R$  [N·s/m<sup>6</sup>]は、 $R = \Delta P / Q$ で求められる。ただし、Nは力 (Newton)、sは時間 (second) である。図3に示した値は、液体に水を用いて、第1流路および第2流路について所定の圧力で液体を流し、そのときの流速から流路抵抗の圧力依存を求めるこにより、測定した値である。

【0028】図3を参照して、第1流路115は、流路抵抗の圧力依存が大きいのに対し、第2流路117は流路抵抗の圧力依存が小さいことがわかる。この流路抵抗の圧力依存の違いにより次のことが導き出される。すなわち、差圧が大きいときには、換言すれば加圧室の容積の変化率の絶対値が大きいときには、第1流路は第2流路に比べて液体を通にくくなり、差圧が小さいとき、換言すれば加圧室109の容積変化率の絶対値が小さいときには、第1流路は第2流路に比べて液体が流れやすい。したがって、加圧室109の容積変化率の絶対値が大きなときには加圧室109の容積変化分の液体は主に第1流路115を通り、また、加圧室の容積変化率が小さなときには加圧室109の容積変化分の液体は主に第2流路117を通ることになる。

【0029】次に、圧電素子107に印加される電圧の波形について説明する。圧電素子107に印加される電圧は、駆動部120で発生される。本実施の形態におけるマイクロポンプ100では、加圧室109の加圧時と減圧時とで圧力の絶対値に差が生じることが必要となる。図4は、圧電素子107に印加する第1の電圧波形と流体の挙動を示す図である。図4(A)は、圧電素子107に印加する第1の電圧波形を示す。図4(A)を参照して、圧電素子107に印加される電圧波形は、立上がりの期間 $t_1$ が、立下がりの期間 $t_2$ よりも長い。\*

$$\alpha = (1 / (1 + K1)) - (1 / (1 + Kh)) \cdots \text{ (式1)}$$

10 \*圧電素子107に印加される電圧が上昇すると、圧電素子107と振動板105は、加圧室109側に反り変形し、その結果、加圧室109の容積が減少する。逆に、圧電素子107に印加される電圧が減少すると、圧電素子の反り変形する変位量が減少するため、加圧室109の容積が増加する。したがって、図4(A)に示す波形の電圧が圧電素子107に印加されると、加圧室109の容積変化率の絶対値は、期間 $t_1$ の方が期間 $t_2$ よりも小さくなる。このため、第1流路115は、期間 $t_1$ の方が期間 $t_2$ よりも液体を流れやすくし、第2流路117は期間 $t_1$ と期間 $t_2$ とで液体の流れやすさはほとんど変わらない。

【0030】図4(B)は図4(A)に示す波形の電圧が圧電素子107に印加された場合における流体の挙動を示す図である。横軸に時間を、縦軸に流体の位置を示している。流体の位置は、図1の右側を正方向として示している。図4(B)を参照して、液体はマクロには正方向、換言すれば図1の左側から右側に向かう方向に流れる。

20 20 【0031】図5は、圧電素子107に印加する第2の電圧波形と流体の挙動を示す図である。図5(A)は、圧電素子107に印加する第2の電圧波形を示す。図5(A)を参照して、圧電素子107に印加される電圧波形は、立上がりの期間 $t_1$ が、立下がりの期間 $t_2$ よりも短い。したがって、図5(A)に示す波形の電圧が圧電素子107に印加されると、加圧室109の容積変化率の絶対値は、期間 $t_1$ の方が期間 $t_2$ よりも大きくなる。このため、第1流路115は、期間 $t_1$ の方が期間 $t_2$ よりも液体を流れにくくし、第2流路117は期間 $t_1$ と期間 $t_2$ とで液体の流れやすさはほとんど変わらない。

30 30 【0032】図5(B)は図5(A)に示す波形の電圧が圧電素子107に印加された場合における流体の挙動を示す図である。横軸に時間を、縦軸に流体の位置を示している。流体の位置は、図1の右側を正方向として示している。図5(B)を参照して、液体はマクロには負方向、換言すれば図1の右側から左側に向かう方向に流れる。

40 40 【0033】液体のマクロな流れは、液送り量の効率で表わすことができる。液送り量の効率は、差圧が高圧時における第1流路115の流路抵抗と第2流路117の流路抵抗との比と、差圧が低圧時における第1流路115の流路抵抗と第2流路117の流路抵抗の比とによって定まる。差圧が低圧時における第2流路117に対する第1流路115の流路抵抗比を $K1$ とし、高圧時における第2流路117に対する第1流路115の流路抵抗比を $Kh$ とすると、液送り量の効率 $\alpha$ は次式(1)で表わされる。

【0034】

本実施の形態におけるマイクロポンプ100では、低圧時の差圧を100 [kPa] とし、高圧時の差圧を100 [kPa] である。このとき、低圧時の流路抵抗比  $K_1 = 0.56$ 、高圧時の流路抵抗比  $K_h = 1.17$  となる。(1) 式を用いて、液送り量効率  $\alpha$  は、正方向および負方向ともに約18%となる。

【0035】(1) 式からわかるように、液送り量効率  $\alpha$  を向上させるためには、 $K_1$  ができる限り小さく、 $K_h$  ができる限り大きくなることが望ましい。このためには、一方の流路は差圧による流路抵抗の変化ができる限り小さい方がよく(層流的挙動)、他方の流路は圧力による流路抵抗の変化ができる限り大きい方がよい(乱流的挙動)。さらに、低圧時と高圧時とで第1流路および第2流路の流路抵抗の値が逆転するのが好ましい。

【0036】さらに、変化させる差圧の領域を、全体的に高圧方向にシフトする方が液送り量効率を高めるためには好ましい。具体的には、低圧時の圧力を1 [kPa]、高圧時の圧力を100 [kPa] とするよりも、低圧時の圧力を10 [kPa]、高圧時の圧力を100 [kPa] とする方がよい。

【0037】【駆動電圧の変形例】圧電素子107に印加される電圧の立上がりに要する時間と、電圧の立下りに要する時間とを異ならせるために、最も典型的には、図4(A)または図5(A)に示した波形を用いることができる。ただし、時間軸に対して立上がりと立下りとが対称でない波形であれば、これに限られるものではない。

【0038】図6は、本実施の形態におけるマイクロポンプ100の駆動部120が圧電素子107に印加する電圧の波形の変形例を示す図である。図6を参照して、図6(A)は、液体を正方向に搬送する場合の波形を示し、図6(B)は液体を負方向に搬送する場合の波形を示す。図6を参照して、期間  $t_1$  と期間  $t_2$  の間に、電圧が変化しない期間  $t_3$  が含まれる。液体を正方向に搬送する場合には、期間  $t_1$  が期間  $t_2$  よりも長くなり、液体を負方向に搬送する場合には、期間  $t_1$  が期間  $t_2$  よりも短くなる。期間  $t_1$  と期間  $t_2$  の間に電圧が変化しない期間  $t_3$  が加わった以外について、図4(A)および図5(A)に示した電圧の波形と同じである。期間  $t_3$  では、電圧が変化しないから、加圧室109の容積に変化はなく、第1流路115と第2流路117の差圧はそれっぽゼロになる。図6に示した波形の電圧を圧電素子107に印加することにより、液体を正方向と負方向とに搬送することができる。

【0039】次に、第1流路115と第2流路117の形状について説明する。第2流路117は、層流で境界層の発達した流れを生じさせる形状である必要がある。このため、レイノルズ数  $Re$  が低く、かつ、流路幅に対する流路長の比が大きい方が望ましい。ここで、レイノルズ数  $Re$  は、流体力学では一般的な指標となる値であ

る。レイノルズ数が大きいほど乱流域に近づく値を示すものである。流体の密度を  $\rho$ 、粘度を  $\eta$ 、流速を  $v$ 、流路の断面を正方形とした場合に一辺の長さを  $d$  とするとき、 $Re = \rho v d / \eta$  で求められる。

【0040】レイノルズ数は、流路の断面形状により異なるが、流路が円環状の場合の理論は一般的に知られており、たとえば「水力学」(森北出版) pp. 95-96に記されている。それによると、直径を  $d$ 、長さを  $L$  とする円環では、流れが層流 ( $Re < 2320$ ) の場合、 $L > k \times Re \times d$  が望まれる。ここで、定数  $k$  は、ニクラゼ (Nikuradse) の実験によると  $k = 0.065$ 、ラングハーレ (Langhaar) の理論によると  $k = 0.058$  である。

【0041】基本的には、流れの方向に垂直な断面形状が一定で、長さの長い流路が好ましいが、境界層の発達した流れを起こすものであれば、これに限られるものではない。また、多少境界層の発達が不十分であっても、第1流路115と比較してより境界層の発達度合いが高い層流であればよい。

【0042】一方、第1流路115は、乱流あるいは渦が発生しやすい形状、もしくは境界層の形成が不十分な領域を含む形状である必要がある。第1流路115は、差圧が大きくなるほど、流路抵抗  $R$  の値が増加する形状であり、以下にこの形状の例を示す。なお、差圧とは、流路の両端における圧力の差をいう。

【0043】第1流路115の形状の条件は、以下のとおりである。

(1) レイノルズ数  $Re$  が高い  
形状により最適な値は異なるが、円環状の場合は、少なくとも流速のピーク時に  $Re > 2320$  となる(乱流になる)形状。

【0044】(2) 流路の幅  $d$  に対して流路長さ  $L$  の比が比較的小さい形状  
形状によりその適切な値は異なるが、円環状の場合、少なくとも流速のピーク時に  $L < 0.065 \times Re \times d$  となる形状。

【0045】図7は、第1流路115の形状の第1の具体例を示す図である。図7を参照して、第1流路115の断面形状を正方形とした場合の一辺の長さを  $d$  とし、第1流路115の長さを  $L$  とした場合に、 $L/d$  が比較的小さいことが条件となる。第1流路115の断面形状を円とした場合には、直径  $d$  と流路長さ  $L$  の比が小さくなることが条件となる。特に、流速のピーク時に  $L/d < 0.065 \times Re$  となることが条件となる。

【0046】図8は、第1流路の形状の第2の具体例を示す図である。図8を参照して、第1流路115Aの幅は、加圧室109側から第1液室111に向かって徐々に大きくなる形状となっている。このような場合においても、第1流路115Aの形状は、上記(2)の条件を満たす形状とすることができる。

【0047】図9は、第1流路の形状の第3の具体例を示す図である。図9を参照して、第1流路115Bは、断面積が2段階に変化し、面積の変化が急激な形状となっている。第1流路115Bの断面形状は、円であっても矩形であってもよい。

【0048】図10は、第1流路の形状の第4の具体例を示す図である。第1流路115Cは、加圧室109と第1液室111との間に設けられ、液体の流れる方向が直線でなく、折れ曲がっている。

【0049】図11は、第1流路の形状の第5の具体例を示す図である。第1流路115Dは、そのほぼ中央に障害物131を備えている。障害物131の液体が流れる方向に垂直な断面形状は、加圧室109側から第1液室111に向かって小さくなる形状となっている。

【0050】図12は、第1流路の形状の第6の具体例を示す図である。図12を参照して、加圧室109の第1流路115E近傍に障害物131Aが設けられている。

【0051】図13は、第1流路の形状の第7の具体例を示す図である。図13を参照して、第1流路115Fは、加圧室109と第1液室111と同じ幅で、加圧室109と第1液室111との間の第1流路115Fには、障害物131Bが設けられている。障害物131Bは、加圧室109から第1液室111に向かって断面積が小さくなる形状である。このように、第1流路115Fに障害物131Bが設けられているので、第1流路115における液体が通過可能な面積は、加圧室109の断面積および第1液室111の断面積よりも小さくなっている。

【0052】【マイクロポンプの第1の変形例】次に、上述したマイクロポンプ100の変形例について説明する。変形されたマイクロポンプは、第1流路115に方向性を持たせたものである。方向性とは、差圧の絶対値が同じ条件で、加圧室109から第1液室111に液体が流れる場合の流路抵抗と、第1液室111から加圧室109に液体が流れる場合の流路抵抗とが異なることをいう。このように、第1流路115に方向性を持たせることにより、駆動部120から圧電素子107に正弦波の電圧を印加した場合においても、液体を1方向に搬送することができる。一般に、1方向に液体を搬送する場合、振動板105が共振点で振動するように正弦波の電圧を圧電素子107に印加して駆動するのが最も効率的である。したがって、第1流路115に方向性を持たせて正弦波の電圧を圧電素子107に印加することにより、第1流路115の方向性に従った方向に液体を搬送することができる。この場合には、正弦波の電圧が圧電素子107に印加され、振動板105が共振点で振動するため、液体を効率的に搬送することができる。

【0053】一方、圧電素子107に電圧の立上がりに

要する時間と立下がりに要する時間が異なる電圧を印加することにより、第1流路115の方向性に従った方向とは逆の方向に液体を搬送することができる。これにより、第1流路115の方向性に従った方向への液体の搬送を効率よく行なうことができ、かつ、第1流路115の方向性に従った方向とは逆の方向へも液体を搬送することができるマイクロポンプとすることができます。

【0054】図14は、本実施の形態におけるマイクロポンプの第1の変形例の平面図である。図14を参照して、第1の変形例におけるマイクロポンプ100は、第1流路130の形状が、その幅が加圧室109から第1液室111に向かって大きくなっている。このため、加圧室109から第1液室111に液体が流れる場合の流路抵抗が、第1液室111から加圧室109に液体が流れる場合の流路抵抗よりも小さくなる。この結果、加圧室109を加圧する時間と、減圧する時間とが同じ場合には、液体がマクロには第2液室113から加圧室109を通じて第1液室111に向かう方向に流れる。

【0055】また、加圧室109を加圧する時間を減圧する時間よりも短くすれば、液体はマクロには、第1液室111から加圧室109を通じて第2液室113へ向かって流れることになる。

【0056】図15は、本実施の形態におけるマイクロポンプ100の第1の変形例の駆動部120が圧電素子107に印加する電圧の一例を示す図である。図15(A)は、液体を加圧室109から第1液室111に向かう方向に搬送する場合の波形を示し、図15(B)は、液体を第1液室111から加圧室109に向かう方向に搬送する場合の波形を示す。図15(A)に示す波形は、正弦波である。この正弦波は、振動板105が共振点で振動するように圧電素子107に印加される電圧の波形である。その結果、この正弦波の電圧が圧電素子107に印加されると、液体がマクロには、第1流路130の方向性に従った方向、すなわち、第1液室111から加圧室109に向かう方向に流れることになる。

【0057】図15(B)に示す波形は、電圧が増加する期間 $t_1$ が、電圧が減少する期間 $t_2$ よりも短い。このため、加圧室109の容積が減少する期間が増加する期間よりも短い。その結果、加圧室109の容積が減少するときの第1流路115の差圧が、加圧室109の容積が増加するときの第1流路115の差圧よりも大きくなる。その結果、この波形の電圧が圧電素子107に印加されると、液体がマクロには、第1流路130の方向性に従った方向と逆の方向、すなわち、第1液室111から加圧室109に向かう方向に流れることになる。

【0058】図16は、本実施の形態におけるマイクロポンプ100の第1の変形例の駆動部120が圧電素子107に印加する電圧の波形の別の例を示す図である。図16(A)は、液体を加圧室109から第1液室111に向かう方向に搬送する場合の波形を示し、図16

50 1に向かう方向に搬送する場合の波形を示す。

(B) は、液体を第1液室111から加圧室109に向かう方向に搬送する場合の波形を示す。図16 (A) を参照して、電圧の波形は矩形で表わされている。加圧室109の容積が増加する期間と減少する期間とが同じとなる。そして、第1流路115では、加圧室109の容積が増加する場合と減少する場合とで第1流路130の差圧の絶対値が同じになる。このため、第1流路130の方向性に従った方向、すなわち、加圧室109から第1液室111に向かう方向に液体が流れることになる。

【0059】図16 (B) を参照して、電圧が増加する期間 $t_1$ が電圧が減少する期間 $t_2$ よりも短い。また、期間 $t_1$ と期間 $t_2$ との間に電圧が変化しない期間 $t_3$ が含まれる。電圧が増加する期間 $t_1$ が電圧が減少する期間 $t_2$ よりも短いため、加圧室109の容積が減少する期間 $t_1$ が増加する期間 $t_2$ よりも短くなる。その結果、期間 $t_1$ における第1流路の差圧の絶対値が期間 $t_2$ における第1流路130の差圧の絶対値よりも大きくなる。このため、マクロでは、液体が第1流路130の方向性に従った方向と逆の方向、すなわち、加圧室109から第2液室113に向かう方向に搬送される

【マイクロポンプの第2の変形例】図17は、本実施の形態におけるマイクロポンプ100の第2の変形例の平面図である。第1流路と第2流路とを相対的に比較して、差圧に対する流路抵抗の変化率に違いが認められるならば、第1流路に加えて第2流路にも方向性を持たせても問題ない。ただし、第1流路の差圧に対する流路抵抗の変化率が第2流路の差圧に対する流路抵抗の変化率よりも大きくなることが条件となる。第1流路および第2流路の双方に同じ方向性を持たせることにより、圧電素子107を正弦波を印加して駆動した場合に液体を搬送する効率がさらに改善される。

【0060】図17を参照して、第2流路131は、その形状が、第2液室113から加圧室109に向かって幅が広くなる形状となっている。このため、液体が第2液室113から加圧室109に流れるときの流路抵抗が、加圧室109から第2液室113に流れるときの流路抵抗よりも小さい。このため、加圧室109の容積を減少する期間と増加する期間とが同じであれば、マクロでは液体が第1流路130と第2流路131の方向性に従った方向、すなわち、第2液室113から加圧室109に向かう方向に流れる。

【0061】一方、加圧室109の容積が減少する期間を増加する期間よりも短くすれば、マクロでは液体が、第1流路130と第2流路131の方向性に従った方向と逆の方向、すなわち、第1液室111から加圧室109に向かう方向に流れる。

【0062】図18は、本実施の形態におけるマイクロポンプ100の第2の変形例の第1流路130および第2流路131それぞれの差圧と流路抵抗との関係を示す図である。図18 (A) は第1流路130の場合を示

し、図18 (B) は第2流路131の場合を示す。図18を参照して、第1流路および第2流路ともに差圧が正の場合の流路抵抗が、差圧が負の場合の流路抵抗よりも小さくなっている。したがって、第1流路および第2流路が方向性を有することが示されている。また、第1流路の差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合が、第2流路の差圧の変化に対する流路抵抗の変化の割合よりも大きくなっている。このため、加圧室の容積を減少させる期間を増加させる期間よりも短くすることにより、増加させる期間と減少させる期間が同じ場合に液体が流れれる方向とは逆の方向に液体を搬送することができる。

【0063】以上説明したように本実施の形態におけるマイクロポンプは、液体の流れが急峻となるときに第1流路115、130のみに乱流を発生させるようにした。このため、2つの波形の電圧を切換えて圧電素子107を駆動することにより、マクロ的な流体の流れの方向を制御し、正逆両方向に液体を搬送することができる。

【0064】また、従来のように逆止弁を開閉させる方式に比べて、応答性および耐久性が改善されるため、安定して駆動するマイクロポンプとすることができる。さらに、マイクロポンプの構成を簡単にすむことができ、マイクロポンプ自体を小型化することができる。

【0065】さらに、圧電素子107を駆動する電圧の1パルス信号当りの液送り量を微小にすむことができるので、高い精度で脈動のない液送りをすることができる。

【0066】なお、本実施の形態におけるマイクロポンプ100は、アクチュエータとして圧電素子107と振動板105とを貼り合わせたユニモルフ振動を用いたが、加圧室109の容積の増加または減少を繰返し行なうことができれば、ユニモルフ振動に限定されるものではない。たとえば、圧電素子の縦振動、横振動を用いてダイアフラムを振動する形態や、圧電素子のすり変形を用いるもの、または、圧電材料を用いたマイクロチューブを径方向へ縮小させる形態のものを用いてもよい。なお、圧電素子のすり変形とは、シェアモードとも呼ばれる変形で、圧電素子の分極方向と電界の方向とが直交するときに素子が斜めにずれる変形をいう。さらに、圧電素子以外に静電気力によってダイアフラムを変形させる方式や、振動子の一部に形状記憶合金を用いる形態のものを用いてもよい。

【0067】今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

50 【図1】 本発明の実施の形態の1つにおけるマイクロ

ポンプの部分的な断面図である。

【図2】 本発明の実施の形態の1つにおけるマイクロポンプの部分的な平面図である。

【図3】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路および第2流路それぞれの差圧と流路抵抗との関係を示す図である。

【図4】 圧電素子に印加する第1の電圧波形と流体の挙動を示す図である。

【図5】 圧電素子に印加する第2の電圧波形と流体の挙動を示す図である。

【図6】 本実施の形態におけるマイクロポンプの駆動部120が圧電素子に印加する電圧の波形の変形例を示す図である。

【図7】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路の形状の第1の具体例を示す図である。

【図8】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路の形状の第2の具体例を示す図である。

【図9】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路の形状の第3の具体例を示す図である。

【図10】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路の形状の第4の具体例を示す図である。

【図11】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路の形状の第5の具体例を示す図である。

【図12】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路の形状の第6の具体例を示す図である。

【図13】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1流路の形状の第7の具体例を示す図である。

【図14】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1の変形例の平面図である。

【図15】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1の変形例の駆動部が圧電素子に印加する電圧の一例を示す図である。

10 【図16】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第1の変形例の駆動部が圧電素子に印加する電圧の波形の別の例を示す図である。

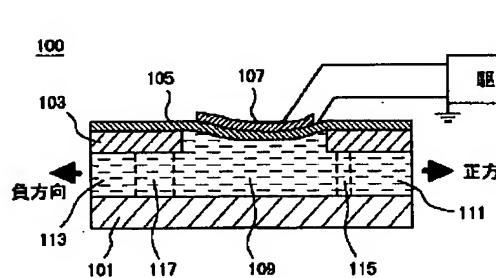
【図17】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第2の変形例の平面図である。

【図18】 本実施の形態におけるマイクロポンプの第2の変形例の第1流路および第2流路それぞれの差圧と流路抵抗との関係を示す図である。

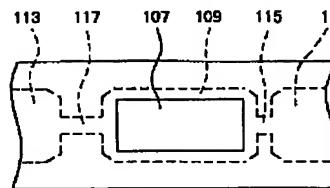
【符号の説明】

100 マイクロポンプ、101 基板、103 上側基板、105 振動板、107 圧電素子、109 加圧室、111 第1液室、113 第2液室、115 第1流路、117 第2流路、120 駆動部、131 障害物。

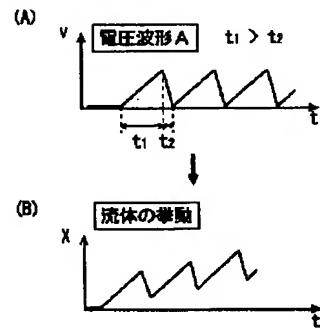
【図1】



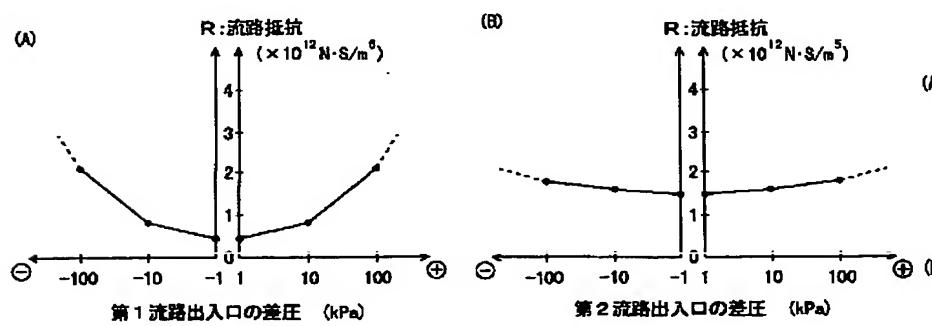
【図2】



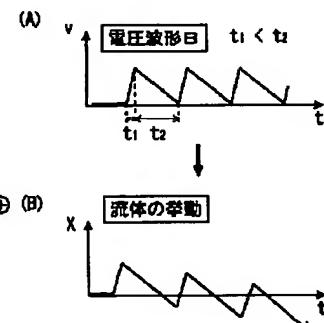
【図4】



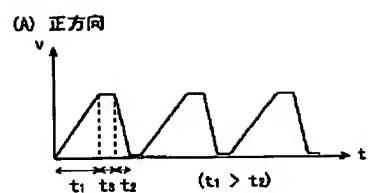
【図3】



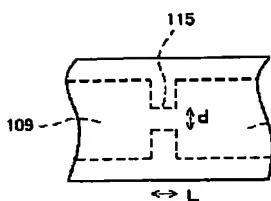
【図5】



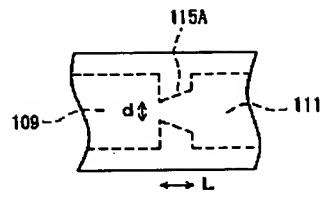
【図6】



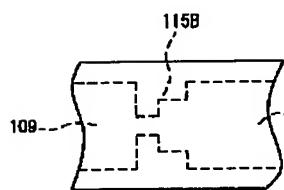
【図7】



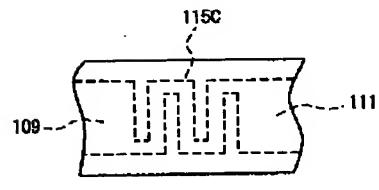
【図8】



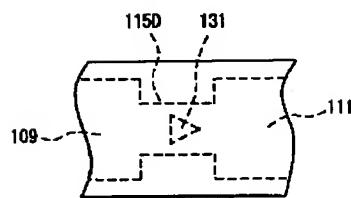
【図9】



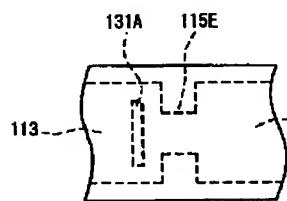
【図10】



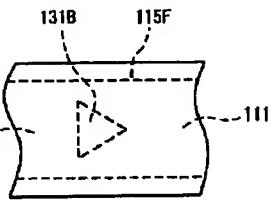
【図11】



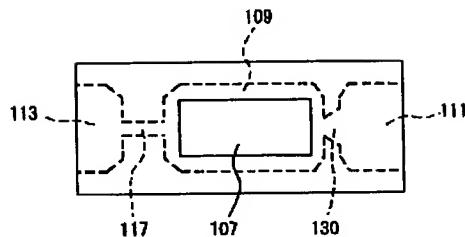
【図12】



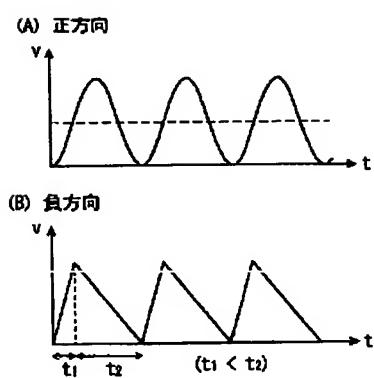
【図13】



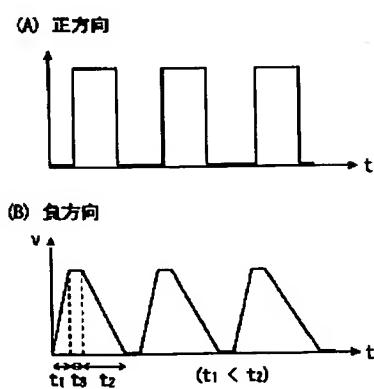
【図14】



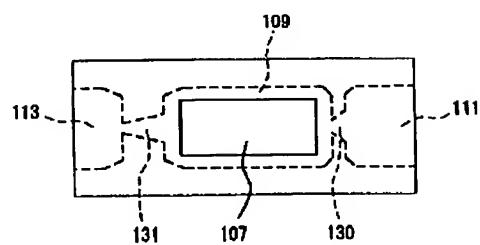
【図15】



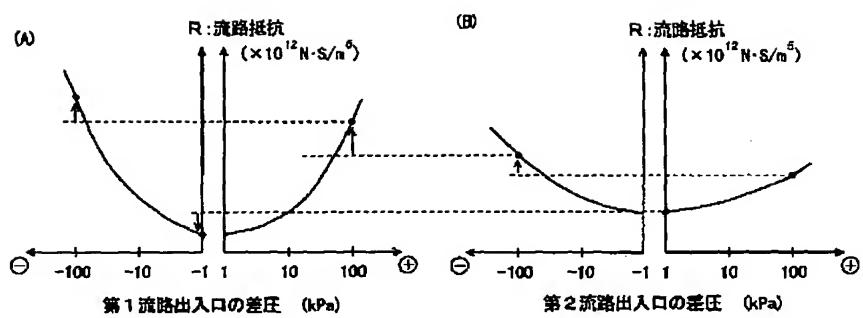
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3H071 AA01 BB01 CC26 CC33 CC34  
 CC47 DD32 DD35 DD84  
 3H075 AA01 BB01 CC08 CC18 CC34  
 CC35 DA11 DB02  
 3H077 AA01 CC01 CC09 DD06 EE40  
 FF14 FF36